

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ У ШАХТЁРОВ

А. Р. Вартанян, Г. В. Кондранин, А. В. Будаев, Д. В. Вялов, Ю. А. Чурляев

Филиал ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН,  
Кемеровская Государственная Медицинская Академия,  
ГОУ ДПО усовершенствования врачей, г. Новокузнецк

### Hemodynamic Functional Changes in Miners

A. R. Vartanyan, G. V. Kondranin, A. V. Budayev, D. V. Vyalov, Yu. A. Churlyayev

Branch of the Research Institute of General Reanimatology, Russian Academy of Medical Sciences;  
Kemerovo State Medical Academy;  
Department for Postgraduate Training of Physicians, Novokuznetsk

Работа посвящена изучению особенностей гемодинамики у шахтёров, в зависимости от стажа работы. Для решения поставленной задачи был обследован 391 горнорабочий с подземным стажем от 1 года до 40 лет и возрастом от 20 до 60 лет. Исследования гемодинамики проводились неинвазивным методом. Оценена динамика изменений по основным функционально значимым показателям системы кровообращения и индекса симпатической активности. В ходе исследования было выявлено, что функциональные сдвиги гемодинамики у горнорабочих претерпевают значительные изменения даже у молодых шахтёров с подземным стажем до 10 лет. Полученные результаты изменений гемодинамики свидетельствуют о наличии двух типов адаптации сердечно-сосудистой системы к тяжёлой физической работе в условиях повышенной запылённости и загазованности подземных выработок. Это сердечный тип адаптации, который вырабатывается при подземном стаже до 10 лет, и сосудистый тип адаптации, который вырабатывается у шахтёров с подземным стажем 20 лет и более. При критических состояниях (тяжёлая скелетная травма или острая кровопотеря) наиболее вероятен срыв адаптации в связи со снижением прекардиальной нагрузки. При сосудистом типе адаптации, ввиду его наименьшей физиологичности, происходят не только функциональные, но и морфологические изменения в системе кровообращения. Это, несомненно, усложнит течение критических состояний. **Ключевые слова:** шахтёры, гемодинамика, критические состояния, тяжёлая травма.

The paper deals with the study of hemodynamic features in miner in relation to the length of service. For this, 391 miners aged 20 to 60 years who had been working underground for 1 to 40 years were examined. Hemodynamics was studied by a non-invasive technique. The time course of changes in the basic functional parameters of the blood circulatory system and in the sympathetic activity index was estimated. The study has revealed that hemodynamic functional shifts in miners undergo significant changes even in young miners having a length of underground service of less than 10 years. The revealed hemodynamic changes suggest that there are two types of adaptation of the cardiovascular system to tiring physical work under high dust and gas concentrations due to underground openings. There is a cardiac type of adaptation that develops in miners having a length of underground service of less than 10 years and a vascular type that develops of adaptation in those having the length of 20 years or more. In critical conditions (severe skeletal injury or acute blood loss), adaptation disruption is most probable due to diminished precardiac loads. Not only functional, but also morphological changes in the circulatory system occur in the vascular type of adaptation due to its least physiological capacities. **Key words:** miners, hemodynamics, critical conditions, severe injury.

Кузбасс — основной угледобывающий бассейн России. Только на юге Кузбасса, где проводились исследования по гемодинамике, располагается 38 шахт. Существующие в настоящее время на угольных шахтах условия труда характеризуются наличием комплекса вредных производственных факторов, таких как шум, вибрации, низкий температурный режим в забоях, запылённость и загазованность, уровень которых зачастую превышает существующие санитарные нормы [1, 2, 3]. В этих условиях горнорабочим, особенно бурильщикам и проходчикам приходится выполнять тяжёлую, а в отдельных случаях и особо тяжёлую физическую

работу. При травме состояние сердечно-сосудистой системы определяет тяжесть развивающегося травматического и геморрагического шока. В связи с этим вполне оправдан интерес к тому исходному фоновому состоянию у горнорабочих, на который накладывается травматическая агрессия.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей гемодинамики у шахтёров с различным стажем подземных работ, для последующей разработки соответствующих рекомендации интенсивной противошоковой терапии при тяжёлых травматических повреждениях в условиях шахт.

## Достоверность различий по гемодинамике между контрольной группой и стажевыми группами шахтёров

Стаж	Контрольная группа	От 0 до 9 лет	От 10 до 19 лет	От 20 до 29 лет	30 лет и более
Возраст	27±0,97	28,08±0,66	37,62±0,42	46,28±0,23	53,83±0,64
Рост	176,7±1,48	175,77±0,53	175,55±0,61	172,49±0,41	170,31±0,92
Вес	77,4±2,89	78,89±1,25	79,35±0,78	80,23±0,69	80,29±1,57
n	20	85	154	132	20
	M±m	M±m	M±m	M±m	M±m
ЧСС	69,1±1,6	70,9±1,2	71,4±1,0	72,8±0,9	73,1±2,3
ЧД	16,4±0,7	18,6±0,4**	19,6±0,4	19,3±0,4	20,4±1,1
ST(ЭКГ)	2,13±0,21	1,44±0,14**	1,13±0,06*	1,0±0,06#	0,96±0,14*
SpO <sub>2</sub>	97,33±0,19	96,73±0,08**	96,51±0,07*	96,48±0,07*	96,1±0,29#
СИ (л/мин*м <sup>2</sup> )	2,7±0,1	3,9±0,1***	3,8±0,1	3,5±0,1*	3,3±0,2*
УИ (мл/м <sup>2</sup> )	43,6±2,5	56,1±2,0**	53,9±1,5	48,3±1,5#	45,9±2,9*
ИДК	404,0±27,9	731,9±26,7****	691,9±17,5	657,5±22,3*	643,2±51,6
ИОПСС	740,3±31,7	640,5±26,8**	651,9±18,9	770,4±27,2#	830,5±65,3#
СД	123,6±2,5	132,5±1,4**	132,5±1,2	136,4±1,2*	144,4±2,6#
ДД	78,2±1,7	84,0±1,1**	84,8±0,9	89,1±1,0#	95,2±1,9##
САД	93,3±1,9	100,1±1,2**	100,7±0,9	104,9±1,0#	111,6±2,0##
S (акт. симп. сист.)	43,8±4,6	48,1±2,0	56,4±1,6?	63,6±1,7##	66,8±4,2##

**Примечание.** Достоверность различий в показателях гемодинамики между контрольной группой и шахтёрами с подземным стажем до 9 лет: \*\* —  $p<0,05$ ; \*\*\*\* —  $p<0,005$ ; \*\*\* —  $p<0,0001$ . Достоверность различий в показателях гемодинамики между группой шахтёров с подземным стажем до 9 лет с остальными группами шахтёров: \* —  $p<0,05$ ; # —  $p<0,005$ ; ## —  $p<0,0001$ .

## Материалы и методы

Для решения поставленной цели сотрудниками Новокузнецкого филиала ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН были проведены неинвазивные исследования системы кровообращения горнорабочих шахт «Абашевская» и «Антоновская». На мониторе «МАРГ 10-01» — «Микролюкс» (ООО «Микролюкс», г. Челябинск, Россия) обследован 391 шахтёр с подземным стажем от 1 до 40 лет, и возрастом от 20 до 60 лет. При исследовании учитывались показатели: ЧСС — частоты сердечных сокращений (мин<sup>-1</sup>); ЧД — частоты дыхания (мин<sup>-1</sup>), ST — интервал сегмента ST (в отведении ЭКГ, в мм), ответственного за реполяризацию миокарда; SpO<sub>2</sub> — насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (%); СИ — сердечного индекса (л/мин\*м<sup>2</sup>); УИ — ударного индекса (мл/м<sup>2</sup>); ИДК — индекса доставки кислорода (мл/мин\*м<sup>2</sup>); ИОПСС — индекса общего периферического сопротивления сосудов (дин\*с/см<sup>5</sup>\*м<sup>2</sup>); СД — систолического давления (мм рт.ст.); ДД — диастолического давления (мм рт.ст.); САД — среднего артериального давления (мм рт.ст.); S — индекс симпатической активности (относительные единицы 0...100). Учитывая патологическое воздействие на организм нарушений биоритмов, в качестве контрольной группы были взяты врачи-анестезиологи МГБ № 29, работающие в экстремальных условиях (нервное перенапряжение, ночные дежурства), и сотрудники филиала ГУ НИИ общей реаниматологии РАМН [4]. Численность контрольной группы составила 20 человек. Возраст в контрольной группе от 24 до 43 лет (средний возраст 27±0,9 лет). Обследуемые шахтёры были разделены на 4 возрастно-стажевые группы. В 1-ю группу вошли шахтёры со стажем от 1 до 9 лет и возрастом от 21,5 до 46,6 лет (средний возраст 28,08±0,66 лет) в количестве 85 человек. Во 2-ю группу — шахтёры со стажем от 10 до 19 лет и возрастом от 29,5 до 50,5 лет (средний возраст 37,62±0,42 лет), в количестве 154 человек. В 3-ю группу — шахтёры со стажем от 20 до 29 лет и возрастом от 38 до 57 лет (средний возраст 46,28±0,23 лет), в количестве 132 человек. В 4-ю группу — шахтёры со стажем более 29 лет и возрастом от 47 до 60 лет (средний возраст 53,83±0,64 года), в количестве 20 человек. Для сравнения показателей гемодинамики между контрольной группой и шахтёрами была взята только 1-я группа шахтёров со стажем до 10 лет и средним возрастом 28,1±0,7 лет. Это было сделано в связи с тем, чтобы исключить влияние больших различий в возрасте групп исследуемых. Статистическая обработка данных проведена с использованием сертифицированного пакета программ INSTAT. Достоверными считались различия при уровне значимости  $p<0,05$  [5].

## Результаты и обсуждение

Исследованные нами показатели изменения гемодинамики горнорабочих 1-й стажевой группы относительно контрольной группы представлены в таблице. Из представленных данных обращает на себя внимание повышение ЧД на 13,4% без повышения ЧСС, увеличение УИ на 28,7% по сравнению с контрольной группой, увеличение СИ на 47,8%, повышение ИДК на 51,1%. Отмечается достоверное повышение СД, ДД и, соответственно, САД на 6,7%. Параллельно этому отмечается достоверное снижение показателя SpO<sub>2</sub>, отвечающего за насыщение артериальной крови кислородом, и угнетение сегмента ST — ответственного за реполяризацию миокарда — на 25,8%. Выявлено снижение ИОПСС на 14,4%, статистически достоверное с контрольной группой.

В этой же таблице представлены изменения гемодинамики у шахтёров других возрастных групп в зависимости от стажа относительно 1-й группы (стаж 1—9 лет). При рассмотрении полученных данных функциональных исследований сердечно-сосудистой системы во второй группе происходит нарастание симпатической активности и депрессия ST. Остальные параметры гемодинамики у второй группы остаются практически на тех же параметрах, что и у первой, что свидетельствует о сохранных, пока ещё адаптационных возможностях миокарда. В 3-й группе (стаж работы 20—29 лет) наблюдались несколько иные изменения по сравнению с группами 1 и 2. Эти отличия заключались в снижении УИ, СИ, ИДК. В то же время нарастали явления гипертензии, повыше-

ние СД, ДД, САД и ИОПСС. В 4-й группе сохранялись те же тенденции, что и в 3-й группе с ещё большим нарастанием гипертензионного синдрома и увеличением ИОПСС. Из других показателей следует отметить повышение ЧД, укорочение интервала ST и повышение индекса симпатической активности с  $47,1 \pm 2,0$  до  $68,9 \pm 3,3$  у горнорабочих со стажем 30 лет и более.

В ходе исследования было выявлено, что функциональные сдвиги гемодинамики у горнорабочих претерпевают значительные изменения уже у молодых шахтёров со стажем до 10 лет. Адаптация сердечно-сосудистой системы к тяжёлому физическому труду, вредным условиям подземной работы (запылённость, вибрация, изменение газового состава окружающей среды и др.) в первых 2-х группах (стаж до 20 лет, возраст до 40 лет) идёт за счёт увеличения производительности миокарда (сердечный тип саморегуляции системы кровообращения) [6]. Об этом свидетельствует, прежде всего, повышение УИ и СИ. Увеличение УИ и СИ при сохранении частоты сердечных сокращений происходит за счёт укорочения времени диастолического расслабления и гипертрофии миокарда с повышением потребности энергетических веществ и кислорода. Длительность большой физической нагрузки может привести к срыву указанных механизмов [8]. С увеличением стажа у горнорабочих более 20 лет, наблюдается снижение сатурации ( $SpO_2$ ) и ИДК на 16,5% относительно 1-й стажевой группы. Производительность миокарда и адаптация к условиям работы идёт, в основном, за счёт сосудистой системы, что является менее физиологически надёжным по сравнению с сердечным типом адаптации, и может привести к более быстрому срыву адаптационных механизмов системы кровообращения. Увеличение состояния напряжения сердечно-сосудистой системы с увеличением стажа работы подтверждается нарастающим индексом симпатической активности [7].

Следовательно, адаптационные возможности повышения производительности миокарда у шахтёров с увеличением стажа снижаются. Получен-

ные результаты гемодинамики последних двух групп шахтёров в отличие от горнорабочих 1-й группы свидетельствуют о сосудистом типе адаптации во время работы.

## Заключение

Полученные нами данные свидетельствуют о двух типах адаптации сердечно-сосудистой системы к вредным условиям труда в условиях шахты. При стаже до 10 лет адаптивные механизмы обусловлены, прежде всего, повышением производительности насосной функции миокарда. Сердечный тип адаптации функционально более физиологичен, но для сохранения высокого СИ и УИ требуется хороший венозный возврат, т. е. стабильная прекардиальная нагрузка [8]. При развитии гиповолемии (травма, кровопотеря) и снижении прекардиальной нагрузки наиболее вероятен срыв адаптации с тяжёлыми нарушениями функции сердечно-сосудистой системы. Усиление работы сердца связано с большим потреблением энергии, кислорода и быстрого восстановления энергетического запаса миофибрилл. Восстановление энергетического запаса миокарда у исследованного контингента снижено, о чём косвенно свидетельствует угнетение интервала ST на ЭКГ. При стаже работы от 20 лет и более — накапливается «усталость» сердечной мышцы. По-видимому, у данной категории горнорабочих при критических состояниях, возникающих при травматическом и геморрагическом шоке, следует проводить более осторожный подход к выбору скорости и объёма трансфузионно-инфузионной терапии. У шахтёров со стажем работы более 20 лет наблюдается переход системы кровообращения на сосудистый тип адаптации с повышением тонуса симпатической системы. Поскольку данный тип адаптации менее физиологичен и может сопровождаться не только функциональными, но и морфологическими изменениями системы кровообращения, это несомненно усложнит течение критических состояний при травматическом и геморрагическом шоке.

## Литература

1. Антоник И. П. Особенности гемодинамики у бурильщиков и проходчиков с разным стажем работы. Гигиена труда и проф. заболеваний. 1989; 25: 82–87.
2. Антоник И. П., Антоник В. И. Заболеваемость рабочих ведущих профессий железорудных шахт в связи с профессиональной адаптацией. Гигиена труда и проф. заболеваний. 1990; 26: 78–83.
3. Заливная Л. Н. О функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы у подземных рабочих угольных шахт. Врачебное дело 1978; 12: 35–38.
4. Передерий Г. С., Тарасенко В. Т. Адаптация горнорабочих с различными типами суточных биоритмов. Медицина труда и промышленная экология 1996; 12: 18–21.
5. Платонов А. Е. Статистический анализ в медицине и биологии: задачи, терминология, логика, компьютерные методы. М: Изд-во РАМН; 2000.
6. Фолков В., Нил Э. Кровообращение. М: Медицина; 1976.
7. Алмазов В. А., Петрищев Н. Н., Шляхто Е. В., Леонтьева Н. В. Клиническая патофизиология. М: ВУНМЦ; 1999.
8. Меерсон Ф. З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность. М: Наука; 1975.

Поступила 12.05.05